

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-227548

(43)Date of publication of application : 15.08.2000

(51)Int.Cl.

G02B 15/16
G02B 13/18

(21)Application number : 11-029151

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 05.02.1999

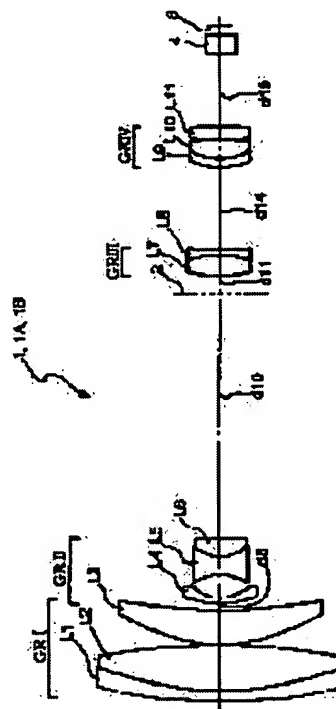
(72)Inventor : NANJO YUSUKE

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To sufficiently bring out potential ability of a four-group compositional zoom lens and to solve the manufacturing problem of each component caused by that zoom ratio is made high in magnification.

SOLUTION: In this zoom lens 1 of a multiple-group composition having plural lens groups, a first lens group GRI that is positioned to be the closest to an object side is composed of a cemented lens of a first concave meniscus L1 whose convex surface is directed to the object side and a second convex lens L2, and a third convex meniscus lens L3 whose convex surface is directed to the object side in this order from the object side. As the material of the second lens, the glass material whose degree of wear is ≥ 300 is used, and a thin resin layer is formed on at least one surface of the second lens.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

/

(43)公開日 平成12年8月15日(2000. 8. 15)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、

最も物体側に位置する第 1 レンズ群が、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと凸レンズの第 2 レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第 3 レンズによって構成され、

第 2 レンズの材質に摩耗度が 300 以上の硝材を用い、その少なくとも 1 面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】 複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、

最も物体側に位置する第 1 レンズ群が、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと凸レンズの第 2 レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第 3 レンズによって構成され、

第 3 レンズの材質に摩耗度が 300 以上の硝材を用い、その少なくとも 1 面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 3】 物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第 1 レンズ群と、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第 2 レンズ群と、正の屈折力を有し、常時固定の第 3 レンズ群と、正の屈折力を有し、ズームリングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第 4 レンズ群によって構成されるズームレンズにおいて、

上記第 1 レンズ群は、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと凸レンズの第 2 レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第 3 レンズによって構成され、

上記第 2 レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 4 レンズ及び両凹レンズの第 5 レンズと凸レンズの第 6 レンズとの接合レンズによって構成され、

上記第 3 レンズ群は、物体側から順に凸レンズの第 7 レンズと凹レンズの第 8 レンズとの接合レンズによって構成され、

上記第 4 レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 9 レンズと凸レンズの第 10 レンズとの接合レンズ及び凸レンズの第 11 レンズによって構成され、

第 1 レンズ群を構成する各レンズの少なくとも 1 つの面を非球面によって構成し、

上記非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 4】 非球面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成された複合非球面としたことを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 5】 複合非球面を形成するガラス球面の曲率半径を、非球面形状に適応させることにより、樹脂の層の厚みの分布が有効径内で単調増加又は単調減少と成らずに均一に近づくようにしたことを特徴とする請求項 4 に記載のズームレンズ。

【請求項 6】 第 1 レンズ群を構成する第 2 レンズと第 3 レンズの内、少なくとも 1 つのレンズの材質のアッベ数を 80 以上としたことを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 7】 第 1 レンズ群の第 2 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、その像側の面を複合非球面によって構成したことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 8】 第 1 レンズ群の第 2 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、その像側の面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成された複合非球面としたことを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 9】 第 1 レンズ群の第 2 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、その像側の面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成された複合非球面としたことを特徴とする請求項 4 に記載のズームレンズ。

【請求項 10】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 11】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 12】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 13】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 6 に記載のズームレンズ。

【請求項 14】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 7 に記載のズームレンズ。

【請求項 15】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアッベ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 8 に記載のズームレンズ。

【請求項 16】 第 1 レンズ群の第 2 レンズと第 3 レンズの材質のアップ数を 80 以上にすると共に、第 3 レンズの少なくとも 1 つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 17】 第 3 レンズ群の第 7 レンズの物体側の面を非球面によって構成すると共に第 4 レンズ群の第 10 レンズの像側の面を非球面によって構成し、これらの面を有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状としたことを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 18】 第 3 レンズ群及び第 4 レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

$$-0.018 < 1/\nu_{III} < 0.018$$

$$-0.005 < 1/\nu_{IV} < 0.005$$

但し、

ν_{III} : 第 3 レンズ群の等価アップ数、

ν_{IV} : 第 4 レンズ群の等価アップ数、

とする。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、主として民生用ビデオカメラのズームレンズの高倍率化、即ち、最も一般的なズーム方式であるにもかかわらず、ズーム比が 50 倍程度の超高倍率化を達成すると共に広角端における明るさが F1.8 程度と明るく、ズーム全域において各種収差が良好に補正されたズームレンズを提供するための技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の民生用ビデオカメラのズームレンズは、例えば、特許公報第 2746155 号に記載されたもののよう、物体側から順に、正、負、正、正の屈折力配置を有する 4 群構成のものが一般的であり、第 3 レンズ群と第 4 レンズ群の構成を工夫したり、非球面を活用することで、高倍率化や小型化等の機能を向上させてきた。

【0003】 しかしながら、ズームレンズにおいて、同時に高倍率化と小型化とを達成することは、撮像素子の小型化に負うことが大きかった。

【0004】 即ち、ズームレンズの各構成部品の製作時において、以前は、上記各構成部品を大きく作らざるを得なかったために必要な精度が出せなかったが、撮像素子の小型化によって、小型の撮像素子に合わせて、従来並の大きさでも高倍率のズームレンズが設計可能になり、相対的に上記各構成部品の大きさが小さくすることが可能となって精度が向上すると共に、現実的ではなかった使用のレンズも実用的なものになるからである。

【0005】 本件出願人は、平成 9 年特許願第 236384 号において、画面対角線長 3mm で約 50 倍のズーム比を実現する、物体側から順に、正、負、正、負、正

の屈折力配置を有する 5 群構成のズームレンズを提供した。

【0006】 上記 5 群構成のズームレンズは、ズーム比が大きい割には前玉径を小さくできるという効果があり、可変頂角プリズム等の光学式防振（手振れ補正）装置を、その物体側に装着するのにも都合が良かった。

【0007】 また、望遠端における F ナンバーを暗くすることができるが、球面収差や色収差の補正手段の 1 つになっていることにも特徴があった。

10 【0008】 しかしながら、上記 5 群構成のズームレンズは、以下のような問題点を有するものである。

【0009】 即ち、望遠端における F ナンバーを暗くすると、暗すぎて実用上の障害となることもあり、また、5 群構成のレンズ系を有するため、必然的に構成レンズの枚数も多くなり、民生用のズームレンズとしては、コストが高いという問題があった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記問題点に鑑み、4 群構成のズームレンズの潜在性能を十分に引き出すと共に、ズーム比の高倍率化に伴う各構成部品の製造上の問題を解決することを課題とするものである。

20 【0011】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明ズームレンズは、以下のような構成を有するものである。

【0012】 第 1 のものは、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第 1 レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと凸レンズの第 2 レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第 3 レンズによって構成し、第 2 レンズの材質に摩耗度が 300 以上の硝材を用い、その少なくとも 1 面の表面に樹脂の薄い層を形成したものである。

【0013】 従って、凸レンズである第 2 レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズの製造コストを低減することが可能となる。

40 【0014】 また、本発明ズームレンズの第 2 のものは、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第 1 レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと凸レンズの第 2 レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けたメニスカスレンズの第 3 レンズによって構成し、第 3 レンズの材質に摩耗度が 300 以上の硝材を用い、その少なくとも 1 面の表面に樹脂の薄い層を形成したものである。

50 【0015】 従って、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズである第 3 レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に

製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズの製造コストを低減することが可能となる。

【0016】更に、本発明ズームレンズの第3のものは、物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群と、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群と、正の屈折力を有し、ズームによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群によって構成されるズームレンズにおいて、第1レンズ群を、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズ及び両凹レンズの第5レンズと凸レンズの第6レンズとの接合レンズによって構成し、第3レンズ群を、物体側から順に凸レンズの第7レンズと凹レンズの第8レンズとの接合レンズによって構成し、第4レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズと凸レンズの第10レンズとの接合レンズ及び凸レンズの第11レンズによって構成し、第1レンズ群を構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、該非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたものである。

【0017】従って、小型の撮像素子の利点を最大限に生かして、超高倍率化と実用的な大きさを備え、民生用のビデオカメラに用いるものとして十分な高画質を備えたズームレンズを提供することが可能となる。

【0018】

【発明の実施の形態】最初に、本発明ズームレンズの概要を説明する。

【0019】(1)複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群GRIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズL2の材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする。

【0020】(2)複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群GRIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メ

ニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第3レンズL3の材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする。

【0021】上記(1)及び(2)の構成は、例えば、ズーム比が50倍程度の超高倍率ズームレンズを小型に設計しようとするとき、最も物体側で全体として正の屈折率を有する第1レンズ群GRIの凸レンズに使用する硝材の製造コストを安くする手段に関するものである。

【0022】即ち、望遠側の2次スペクトルを効果的に補正するには、凹、凸、凸の3枚構成のレンズ群で、少なくとも1枚の凸レンズは超低分散ガラス又は異常部分分散性の強い低分散ガラスを使用せざるを得ないが、これら異常分散性を持ったガラスは摩耗度が300以上と大きく、良好な面精度を得るためには熟練した技能者が慎重に仕上げる必要がある。また、表面が柔らかいので傷が付きやすく、例えば、心取り工程でのベルチャックにより傷が付きやすい等、加工の難しさがある。尚、摩耗度とは、日本光学ガラス工業会規格(JOGIS)に基づく測定法によるものである。

【0023】一方、民生用のビデオカメラのレンズは、高速研磨機や熟練技術を有しない作業員によって安価に製造することによって、レンズの製造コストを安くしてビデオカメラ全体のコストを低減することに貢献してきた経緯がある。

【0024】ところが、上記のような方法で上記摩耗度の大きい硝材を加工すると、必要な面精度が得られず、望遠側における結像性能の劣化や潜傷による所謂ヌケの悪さをもたらすことになる。

【0025】従って、本発明は、摩耗度の大きい(300以上)硝材を用いて、高速研磨機や熟練技術を有しない作業員によってレンズを安価に製造し、面精度の良くない球面の表面には樹脂の薄い層を形成し、該樹脂層の表面精度は型の面を精度良く転写することによって確保して、ガラスレンズを精度良く研磨したときと同様の効果を得るようにしたものである。

【0026】(3)物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群GRIと、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群GRIIと、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群GRIIIと、正の屈折力を有し、ズームによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群GRIVによって構成されるズームレンズにおいて、第1レンズ群GRIを、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズ群GRIIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズL4及び両凹レンズの第5レンズL5と凸レンズの第6レンズL6との接

合レンズによって構成し、第3レンズ群GRIIIを、物体側から順に凸レンズの第7レンズL7と凹レンズの第8レンズL8との接合レンズによって構成し、第4レンズ群GRIVを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズL9と凸レンズの第10レンズL10との接合レンズ及び凸レンズの第11レンズL11によって構成し、第1レンズ群GRIを構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、該非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたことを特徴とする。

【0027】(4) 上記第1レンズ群GRIの非球面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成した複合非球面としたことを特徴とする。

【0028】(5) 第1レンズ群GRIの複合非球面を形成するガラス球面の曲率半径を、非球面形状に適應させることにより、樹脂の層の厚みの分布が有効径内で単調増加又は単調減少と成らずに均一に近づくようにしたことを特徴とする。

【0029】(6) 第1レンズ群GRIを構成する第2レンズL2と第3レンズL3の内、少なくとも1つのレンズの材質のアッペ数を80以上としたことを特徴とする。

【0030】(7) 第1レンズ群GRIの第2レンズL2の材質のアッペ数を80以上にすると共に、その像側の面を複合非球面によって構成したことを特徴とする。

【0031】(8) 第1レンズ群GRIの第2レンズL2と第3レンズL3の材質のアッペ数を80以上にすると共に、第3レンズL3の少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする。

【0032】(9) 第3レンズ群GRIIIの第7レンズL7の物体側の面を非球面によって構成すると共に第4レンズ群GRIVの第10レンズL10の像側の面を非球面によって構成し、これらの面を有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状としたことを特徴とする。

【0033】(10) 第3レンズ群及び第4レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.018 < 1/\nu_{III} < 0.018 \quad (\text{条件式1})$$

$$-0.005 < 1/\nu_{IV} < 0.005 \quad (\text{条件式2})$$

但し、 ν_{III} : 第3レンズ群GRIIIの等価アッペ数、 ν_{IV} : 第4レンズ群GRIVの等価アッペ数とする。

【0034】尚、第3レンズ群GRIIIの等価アッペ数 ν_{III} とは、第3レンズ群GRIIIを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離を f_{III} 、第7レンズL7と第8レンズL8の焦点距離とアッペ数をそれぞれ f_7 、 f_8 、 ν_7 、 ν_8 とすると、 $1/f_{III} = 1/f_7 + 1/f_8$ 及び $1/f_{III} \cdot \nu_{III} = 1/f_7 \cdot \nu_7 + 1/f_8 \cdot \nu_8$ から得られる便宜的に薄肉の単レンズに

置き換えた値であり、同様に、第4レンズ群GRIVの等価アッペ数 ν_{IV} とは、第4レンズ群GRIIIを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離を f_{IV} 、第9レンズL9、第10レンズL10及び第11レンズL11の焦点距離とアッペ数をそれぞれ f_9 、 f_{10} 、 f_{11} 、 ν_9 、 ν_{10} 、 f_{11} とすると、 $1/f_{IV} = 1/f_9 + 1/f_{10} + 1/f_{11}$ 及び $1/f_{IV} \cdot \nu_{IV} = 1/f_9 \cdot \nu_9 + 1/f_{10} \cdot \nu_{10} + 1/f_{11} \cdot \nu_{11}$ から得られる、便宜的に薄肉の単レンズに置き換えた値である。

【0035】上記(3)乃至(10)の構成は、4群構成のズームレンズの潜在性能をズーム比の高倍率化に適合するように、各レンズ群の構成を具体的に示すものである。

【0036】第1レンズ群GRIと第2レンズ群GRIIは、レンズタイプとしては、従来から多く用いられている構成を有するものであるが、第1レンズ群GRIの凸レンズには異常分散性を有するガラスを使用した。

【0037】また、主として、望遠側の球面収差を補正する目的で、第1レンズ群GRIを構成するレンズのうち、少なくとも1つの面を非球面にする必要がある。これは、第1レンズ群GRIを構成する各レンズの面を球面だけで構成した場合、球面収差のアンダー側に固有的な要因が残存してしまうことが避けられないからである。

【0038】第2レンズ群GRIIは、第1レンズ群GRIから発生する球面収差を補正するように、オーバー側に固有的な要因を持たせてある。

【0039】尚、各レンズ群に固有的な要因と、光軸に平行に入射した光線がそのレンズ群の主平面を通る光線高との関係で、そのレンズ群から発生する球面収差がレンズ全系の球面収差量に及ぼす影響が決まる性質がある。

【0040】また、広角端においてはFナンバーで決まる光線束が細いので、第1レンズ群GRIと第2レンズ群GRIIとから発生する球面収差のレンズ全系への影響は小さく、望遠側にスーミングして行くに従って、第1レンズ群GRIに入射する光線高が高くなってアンダー側の球面収差の発生量が増大するが、第2レンズ群GRIIでの光線高も、これに比例して増大するので、オーバー側の球面収差の発生量も増大して、第1レンズ群GRIと第2レンズ群GRIIの球面収差の打ち消し関係のバランスがとれて、レンズ全系としては良好な補正状況が保たれるようになる。

【0041】しかし、更に望遠側にズーミングして、入射光線束が第1レンズ群GRIの開口径で制限を受けてFナンバーが極端に暗くなると、第2レンズ群GRIIに入射する光線高は減少に転じて、第1レンズ群GRIの残存球面収差が最大となる条件であるにもかかわらず、第2レンズ群GRII野オーバー側の球面収差は減少する

ことになって、レンズ全系の球面収差はアンダー側に大きく残り、これを第2レンズ群GRII以降のレンズ群では補正することができなくなる。

【0042】ところで、本出願人は、前述の平成9年特許願第236384号において、上記望遠側で球面収差がアンダー側にも残ってしまう原因と、その解決策として第1レンズ群に非球面を使用する手段を提供した。

【0043】従って、本発明ズームレンズにおいても、レンズ系の構成が上記5群方式のものから4群方式のものへと変わっているが、上記原因と対策をそのまま適用すると、民生用のビデオカメラのレンズとしてズーム比の高倍率化、小型化及び良好な主査補正を同時に達成する実用的で経済的な手段となる。

【0044】本発明においては、第1レンズ群GRIの非球面化には、レンズの有効径が大きいことと異常分散性ガラスがモールド製法に向かないことから、研磨によって球面にした表面に複合非球面膜を形成するのが現実的である。

【0045】上記望遠側における大きな残存球面収差を複合非球面で補正した場合、収差補正に対する非球面の負担が大きく、非球面の設計上の形状からのずれに対して収差の変動が過敏となる。複合非球面膜は、0.1mm程度の薄い樹脂層なので、一般的には温度変化に対して形状変化は無視できるほど小さいとされているが、収差の変動に対して敏感すぎると温度変化による僅かな形状の変化も無視できなくなる。

【0046】近軸球面からのずれとしての非球面量は収差補正のために必要なものであるので、表面形状で温度変化による収差の変化を敏感にすることはできない。しかし、温度変化による形状の変化を均一化することにより、相似形状に近づけることは可能である。

【0047】また、異常分散性ガラスの屈折率は1.49程度で、樹脂層を形成する非球面樹脂の屈折率は1.53程度とすると、非球面樹脂を付ける異常分散性ガラスの球面の屈折力は非常に弱いので、樹脂層の厚みを均一化するための自由度として使用することができる。即ち、樹脂表面の非球面に、平均的にフィットする球面の曲率半径を設定し、異常分散性ガラスの球面をその曲率半径に合わせることで、樹脂層は、単調増加も単調減少もしないで、均一化できるようになる。

【0048】尚、異常分散性ガラスとは、 $(n_g - n_f) / (n_f - n_c)$ で定義される値とアップ数とで表したグラフで、C7とF2とを結ぶ直線から大きく外れたものをいうが、本発明においては、異常部分分散性と低分散性とを兼ね備えていることが重要なので、アップ数が80以上のガラスを凸レンズである第2レンズL2又は第3レンズL3に使用するようにした。

【0049】第3レンズ群GRIIIと第4レンズ群GRIVは、主として広角端から中間焦点域の各種収差を補正するためのものであるが、このような良好な収差補正に

適したレンズ系として特許公報第2774680号に記載されたズームレンズがある。そして、本発明の基本的なレンズ配置と形状は、上記公報に記載されたズームレンズに類似したものである。

【0050】しかしながら、上記公報に記載されたズームレンズは、8倍程度のズーム比を有するものであり、ズーム比が50倍程度で良好な収差の補正を得るためには、本発明の構成要素の変更又は追加により各種収差を改善し、部品精度や組立精度の誤差に対しても鈍感にして、量産時における設計性能の再現性を向上させる必要がある。

【0051】例えば、第3レンズ群GRIIIは、凸レンズと凹レンズとが接合されていないと、組立時に偏心を生じ、片ぼけの原因になる。従って、本発明においては、これらを接合レンズとして、接合時に心出しを行うようにすることで安定した性能が得られるようにしたものである。尚、広角側の球面収差とコマ収差の補正は、凸レンズである第7レンズL7の物体側の面を非球面とし、光軸から離れるに従って屈折力が弱くなる働きをする面とすることで改善できるようになる。

【0052】また、第4レンズ群GRIVは、凹レンズである第9レンズL9と凸レンズである第10レンズL10とを接合レンズとすることによって、量産時における性能の安定化を図ると共に、第10レンズL10の像側の面を非球面として、主として像面湾曲の補正と第4レンズ群GRIVが移動することによる収差の変動を抑える働きを持たせたものである。

【0053】次に、広角端から中間焦点距離域における色収差の補正について説明する。

【0054】軸上色収差の補正には、第3レンズ群GRIIIと第4レンズ群GRIVの影響が大きく、倍率色収差の補正については、第4レンズ群GRIVの影響が大きい。また、第4レンズ群GRIVは、ズーミング及びフォーカシングに伴って移動するものであるため、これが色収差の変動の原因となっている。

【0055】上記条件式1は、第3レンズ群GRIIIの色消しのための条件を規定したものであり、色収差の補正が第4レンズ群GRIVに偏らないようにするためのものである。

【0056】即ち、条件式1において、 $1/v_{III}$ の値が上限を越えると、第3レンズ群GRIIIによる色消し効果が弱くなって、その分、第4レンズ群GR4の色消し効果を強くせざるを得なくなる。

【0057】また、その結果、第4レンズ群GRIVの色消しのための条件を規定した条件式2において、 $1/v_{IV}$ の値が下限を越えるようになると、第4レンズ群GRIVの移動に伴う軸上色収差と倍率色収差の変動が許容範囲を超えてしまい、これが高倍率ズームレンズの欠点となってしまう。

【0058】反対に、条件式1において、 $1/v_{III}$ の

値が下限を越えると、軸上色収差のバランスを取るために、第4レンズ群GRIVの色消し効果を弱くせざるを得なくなるが、これによって、条件式2において $1/\nu_{IV}$ の値が上限を越えるようになると、倍率色収差が主に第4レンズ群GRIVで補正されるようになっているので、特に、第4レンズ群GRIVが物体側に移動時他時の倍率色収差の補正が困難となる。

【0059】次に、本発明ズームレンズの実施の形態を示す数値実施例について、添付図面を参照して説明する。

【0060】まず、共通事項について説明する。

【0061】ズームレンズ1は、物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群GRIと、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群GRIIと、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群GRIIIと、正の屈折力を有し、ズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群GRIVによって構成され、第1レンズ群GRIを、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズ群GRIIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズL4及び両凹レンズの第5レンズL5と凸レンズの第6レンズL6との接合レンズによって構成し、第3レンズ群GRIIIを、物体側から順に凸レンズの第7レンズL7と凹レンズの第8レンズL8との接合レンズによって構成し、第4レンズ群GRIVを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズL9と凸レンズの第10レンズL10との接合レンズ及び凸レンズの第11レンズL11によって構成したものである。

【0062】また、ズームレンズ1においては、第1レンズ群GRIの第2レンズL2の物体側の面が複合非球

面であり、第3レンズ群GRIIIの第7レンズL7の物体側の面が非球面であり、第4レンズ群GRIVの第10レンズL10の像側の面が非球面である。

【0063】更に、第2レンズ群GRIIの第6レンズL6と第3レンズ群GRIIIの第7レンズL7との間には絞り2が、第4レンズ群GRIVの第11レンズと像面3との間にはフィルタ4が配置されている。

【0064】以下に、本発明ズームレンズの詳細を示す各数値実施例を示す。

- 10 【0065】尚、以下の説明において、「 i' 」は、物体側から数えて i 番目の面に形成した薄い樹脂層に関わる添え字、「 r_i 」は物体側から数えて i 番目の面の曲率半径、「 d_i 」は第 i 面と第 $i+1$ 面との間の面間隔、「 n_i 」は第 i レンズ L_i を構成する材質の d 線における屈折率、「 ν_i 」は第 i レンズ L_i を構成する材質のアッペ数、「 f_i 」は第 i レンズ L_i の焦点距離、「 f_{III} 」を第3レンズ群GRIIIを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離、「 f_{IV} 」を第4レンズ群GRIVを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離、「 ν_{III} 」第3レンズ群GRIIIの等価アッペ数、
20 「 ν_{IV} 」第4レンズ群GRIVの等価アッペ数とする。

【0066】また、非球面の定義は、非球面の深さを「 x_i 」、光軸からの高さを「 H 」とすると、

$$x_i = H^2 / r_i \{ 1 + (1 - H^2 / r_i^2)^{1/2} \} + \sum (A_j \cdot j H^j)$$

にて定義されるものとする。そして、以下の非球面係数を示す各表において、「 e 」は10を底とする指数表現を示すものであり、例えば、「 $e-3$ 」は、「 10^{-3} 」である。

- 30 【0067】以下の表1及び図2は、数値実施例1に係わるズームレンズ1の各数値及び第1レンズ群GRIの構成を示すものである。

【0068】

【表1】

ri	di	ni	vi
r1=80.105	d1=1.35	n1=1.84666	v1=23.8
r2=47.619	d2=6.072	n2=1.49700	v2=81.6
r3=97.923	d3=0.08	n2'=1.53610	v2'=41.2
r3'=92.152	d3'=0.2		
r4=25.491	d4=4.458	n3=1.49700	v3=81.6
r5=79.293	d5=variable		
r6=14.147	d6=0.6	n4=1.88300	v4=40.8
r7=5.811	d7=2.968		
r8=7.933	d8=2.5	n5=1.80610	v5=40.7
r9=5.511	d9=2.416	n6=1.84666	v6=23.8
r10=332.371	d10=variable		
r11=絞り	d11=2		
r12=15.357	d12=2.569	n7=1.58913	v7=61.3
r13=19.031	d13=1	n8=1.65844	v8=50.9
r14=58.888	d14=variable		
r15=16.761	d15=1	n9=1.84666	v9=23.8
r16=8.975	d16=2.445	n10=1.58913	v10=61.3
r17=29.720	d17=0.2		
r18=43.471	d18=1.575	n11=1.58913	v11=61.3
r19=43.471	d19=variable		
$f_{1\text{th}}=\infty$	d=2.52	n=1.51680	v=64.2
$f_{1\text{th}}=\infty$			

back focus=1.20

【0069】上記表1に示すように、ズームレンズ1のズームングびフォーカシングに伴って面間隔d5、d10、d14及びd19は可変(variable)である。従って、表2に広角端($f=2.316$)、望遠端($f=122.02$)及び広角端と望遠端との中間焦点位置($f=40.131$)における上記可変の各面間隔の各数値を示す。

40

【0070】

【表2】

焦点距離(f)	2.316	40.131	122.02
Fナンバー	1.85	2.72	4.26
$2\omega(^{\circ})$	59.15	3.57	1.16
d5	1.00	29.05	33.50
d10	34.00	5.95	1.50
d14	11.33	4.12	13.16
d19	10.00	17.21	8.17

【0071】また、表3に非球面によって構成される面r3'、r12及びr17の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

【0072】

【表3】

非球面係数	A4	A6	A8	A10
r3'	+0.1293e-5	-0.1974e-10	+0.3254e-12	+0.3000e-15
r12	-0.7985e-4	+0.6757e-6	-0.7380e-7	+0.1774e-8
r17	+0.5169e-4	-0.1560e-5	+0.6792e-7	-0.1600e-8

【0073】表4に前記条件式1及び2に関連する各数値を示す。

【0074】

【表4】

f7	14.84	f9	-24.25
f8	-21.73	f10	11.98
f11	46.80	f11	37.14
1/v III	0.00913	f1V	14.46
		1/v IV	0.000987

【0075】図3乃至図5にそれぞれ、広角端、広角端*

*と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【0076】尚、球面収差図において、実線はd線、破線はg線、一点鎖線はC線での値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである（以下の各数値嫉視例においても同様）。

【0077】表5及び図6は、数値実施例2に係わるズームレンズ1Aの各数値及び第1レンズ群GRIの構成を示すものである。

【0078】

【表5】

ri	di	ni	vi
r1=119.227	d1=1.35	n1=1.84666	v1=23.8
r2=55.556	d2=6.22	n2=1.49700	v2=81.6
r3=-73.848	d3=0.08	n2'=1.53610	v2'=41.2
r3'=-69.307	d3'=0.2		
r4=24.584	d4=4.78	n3=1.48749	v3=70.4
r5=80.883	d5=variable		
r6=17.195	d6=0.6	n4=1.83400	v4=37.3
r7=-6.140	d7=2.967		
r8=-8.110	d8=2.5	n5=1.80420	v5=46.5
r9=-5.754	d9=2.389	n6=1.84666	v6=23.8
r10=142.857	d10=variable		
r11=絞り	d11=2		
r12=16.080	d12=2.318	n7=1.58913	v7=61.3
r13=-40.000	d13=1	n8=1.65844	v8=50.9
r14=60.241	d14=variable		
r15=15.341	d15=1	n9=1.84666	v9=23.8
r16=8.211	d16=2.524	n10=1.58913	v10=61.3
r17=-34.598	d17=0.2		
r18=46.011	d18=1.567	n11=1.62299	v11=58.1
r19=-46.011	d19=variable		
フィラ=∞	d=2.52	n=1.51680	v=64.2
フィラ=∞			

back focus=1.217

【0079】上記表5に示すように、ズームレンズ1Aのズーミング及びフォーカシングに伴って面間隔d5、d10、d14及びd19は可変(variable)である。従って、表6に広角端(f=2.304)、望遠端(f=122.22)及び広角端と望遠端との中間焦点位置

(f=40.552)における上記可変の各面間隔の各数値を示す。

【0080】

【表6】

焦点距離(f)	2.304	40.552	122.22
Fナンバー	1.85	2.75	4.30
2 ω (°)	59.63	3.53	1.16
d5	1.00	29.07	33.50
d10	34.00	5.93	1.50
d14	11.72	4.27	13.48
d19	10.00	17.45	8.24

*【0081】また、表7に非球面によって構成される面 $r3'$ 、 $r12$ 及び $r17$ の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

【0082】

【表7】

*

非球面係数	A4	A6	A8	A10
$r3'$	+0.1778e-5	+0.1648e-9	+0.5000e-12	+0.3000e-15
$r12$	-0.8026e-4	+0.1211e-5	-0.9191e-7	+0.1905e-8
$r17$	+0.3749e-4	-0.1208e-5	+0.5198e-7	-0.1600e-8

【0083】表8に前記条件式1及び2に関連する各数値を示す。

【0084】

【表8】

$f7$	19.77	$f9$	-22.30
$f8$	-36.36	$f10$	11.51
$f11$	43.33	$f11$	37.17
$1/v III$	0.01230	$f1V$	14.51
		$1/v IV$	-0.0000551

【0085】図7乃至図9にそれぞれ、広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収

20 差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【0086】表9及び図10は、数値実施例3に係わるズームレンズ1Bの各数値及び第1レンズ群GRIの構成を示すものである。

【0087】

【表9】

ri	di	ni	vi
r1=81.908	d1=1.35	n1=1.84666	v1=23.8
r2=47.619	d2=6.13	n2=1.49700	v2=81.6
r3=96.357	d3=0.08	n2'=1.53610	v2'=41.2
r3'=90.775	d3'=0.2		
r4=25.773	d4=0.1	n3'=1.53610	v3'=41.2
r4=25.773	d4=4.32	n3=1.49700	v3=81.6
r5=86.493	d5=0.1	n3'=1.53610	v3'=41.2
r5'=86.493	d5=variable		
r6=14.943	d6=0.6	n4=1.88300	v4=40.8
r7=5.740	d7=2.813		
r8=7.873	d8=2.5	n5=1.80610	v5=40.7
r9=5.580	d9=2.451	n6=1.84666	v6=23.8
r10=801.107	d10=variable		
r11=絞り	d11=2		
r12=15.105	d12=2.551	n7=1.58913	v7=61.3
r13=18.072	d13=1	n8=1.65844	v8=50.9
r14=56.574	d14=variable		
r15=16.946	d15=1	n9=1.84666	v9=23.8
r16=9.104	d16=2.342	n10=1.58913	v10=61.3
r17=33.982	d17=0.2		
r18=39.872	d18=1.620	n11=1.58913	v11=61.3
r19=39.872	d19=variable		
71#4=∞	d=2.52	n=1.51680	v=64.2
71#4=∞			

back focus=1.250

【0088】上記表9に示すように、ズームレンズ1の図民具及びフォーカシングに伴って面間隔d5、d10、d14及びd19は可変(variable)である。従って、表10に広角端(f=2.316)、望遠端(f=122.02)及び広角端と望遠端との中間焦点位置(f=40.131)における上記可変の各面間隔の各数値を示す。

【0089】

【表10】

焦点距離(f)	2.309	38.715	123.210
Fナンバー	1.85	2.68	4.31
2ω(°)	59.08	3.69	1.16
d5	1.00	29.05	33.50
d10	34.00	5.95	1.50
d14	12.19	5.19	14.10
d19	10.00	17.00	8.09

【0090】また、表11に非球面によって構成される面r3'、r12及びr17の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

【0091】

【表11】

非球面係数	A4	A6	A8	A10
r3'	+0.1319e-5	-0.5105e-10	+0.4923e-12	+0.1244e-16
r12	-0.7092e-4	-0.1114e-6	-0.3056e-7	+0.9796e-9
r17	+0.5598e-4	-0.1500e-5	+0.6170e-7	-0.1417e-8

【0092】表12に前記条件式1及び2に関連する各数値を示す。

【0093】

【表12】

f7	14.38	f9	-24.68
f8	-20.69	f10	12.44
f11	47.15	f11	34.10
1/v III	0.00872	f1V	14.45
		1/v IV	0.00126

【0094】図11乃至図13にそれぞれ、広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【0095】以上に記載したように、本発明によれば、従来、一般的な4群構成のズームレンズに新たな構成要素を追加するだけで、小型化した撮像素子の効果を最大限に生かして、ズーム比の超高倍率化、実用的な大きさ及び民生用ビデオカメラに使用するものとして十分な高画質を同時に達成したズームレンズを提供することが可能となる。

【0096】また、上記各構成要素の組み合わせにより、レンズの加工性の点でも良好になったズームレンズを得ることが可能となる。

【0097】尚、前記実施の形態において示した各部の具体的な形状及び構造は、何れも本発明を実施するに当たっての具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【0098】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように本発明ズームレンズは、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したので、凸レンズである第2レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズ

の製造コストを低減することができる。

【0099】請求項2に記載した発明にあつては、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けたメニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第3レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したので、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズである第3レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズの製造コストを低減することができる。

【0100】請求項3に記載した発明にあつては、物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群と、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群と、正の屈折力を有し、ズームによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群によって構成されるズームレンズにおいて、第1レンズ群を、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズ及び凹レンズの第5レンズと凸レンズの第6レンズとの接合レンズによって構成し、第3レンズ群を、物体側から順に凸レンズの第7レンズと凹レンズの第8レンズとの接合レンズによって構成し、第4レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズと凸レンズの第10レンズとの接合レンズ及び凸レンズの第11レンズによって構成し、第1レンズ群を構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、該非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたので、小型の撮像素子の利点を最大限に生かして、超高倍率化と実用的な大きさを備え、民生用のビデオカメラに用いるものとして十分な高画質を備えたズームレンズを提供することができる。

【0101】また、請求項4に記載した発明にあつて

は、非球面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成した複合非球面としたので、レンズ表面の非球面形状を、精度良く、しかも、安価に構成することができる。

【0102】請求項5に記載した発明にあつては、複合非球面を形成するガラス球面の曲率半径を、非球面形状に適応させることにより、樹脂の層の厚みの分布が有効径内で単調増加又は単調減少と成らずに均一に近づくようにしたので、温度変化によるレンズ面の形状の変化によって生じる各種収差の変動を効果的に抑制することができるようになる。

【0103】請求項6に記載した発明にあつては、第1レンズ群を構成する第2レンズと第3レンズの内、少なくとも1つのレンズの材質のアップベ数を80以上としたので、異常部分分散性と低分散性を兼ね備えた材質の硝材を使用することができるようになる。

【0104】更に、請求項7乃至請求項9に記載した発明にあつては、第1レンズ群の第2レンズの材質のアップベ数を80以上にすると共に、その球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成したので、第2レン

ズに異常部分分散性と低分散性を兼ね備えた材質の硝材を使用することができるようにすると共に、そのレンズ表面の精度を向上させることができるようになる。

【0105】請求項10乃至請求項16に記載した発明にあつては、第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアップベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したので、第2レンズ及び第3レンズに異常部分分散性と低分散性を兼ね備えた材質の硝材を使用することができるようにすると共に、それらのレンズ表面の精度を向上させることができるようになる。

【0106】請求項17に記載した発明にあつては、第3レンズ群の第7レンズの物体側の面を非球面によって構成すると共に第4レンズ群の第10レンズの像側の面を非球面によって構成し、これらの面を有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状としたので、広角側の球面収差とコマ収差を良好に補正することができるようにすると共に、像面湾曲の補正及び第4レンズ群が移動することによる各種収差の変動の抑制を効果的に行うことができるようになる。

【0107】請求項18に記載した発明にあつては、第3レンズ群及び第4レンズ群が、 ν_{III} を第3レンズ群の等価アップベ数、 ν_{IV} を第4レンズ群の等価アップベ数とするとき、 $-0.018 < 1/\nu_{III} < 0.018$ 及び

$-0.005 < 1/\nu_{IV} < 0.005$ の各条件を満足するようにしたので、広角端から、広角端と望遠端との中間焦点位置における各種収差の補正を良好に行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明ズームレンズの実施の形態に関わる基本的な構成を概略的に示す図である。

【図2】図3乃至図5と共に、本発明ズームレンズの実施の形態の数値実施例1を示すものであり、本図は、第1レンズ群の構成を概略的に示す図である。

【図3】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図4】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図5】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図6】図7乃至図9と共に、本発明ズームレンズの実施の形態の数値実施例2を示すものであり、本図は、第1レンズ群の構成を概略的に示す図である。

【図7】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図8】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図9】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図10】図11乃至図13と共に、本発明ズームレンズの実施の形態の数値実施例3を示すものであり、本図は、第1レンズ群の構成を概略的に示す図である。

【図11】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

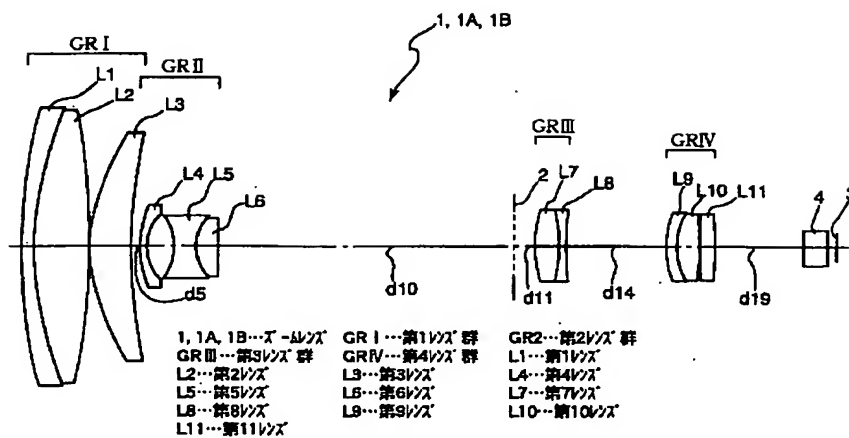
【図12】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図13】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

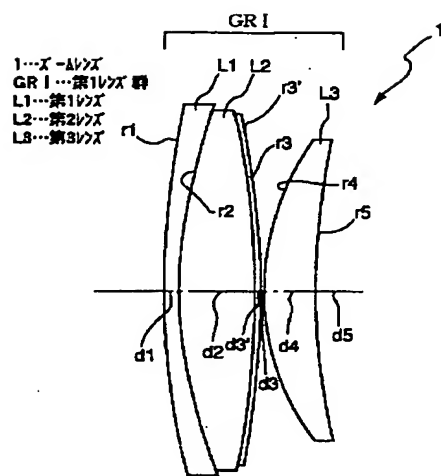
【符号の説明】

1…ズームレンズ、1A…ズームレンズ、1B…ズームレンズ、GRI…第1レンズ群、GRII…第2レンズ群、GRIII…第3レンズ群、GRIV第4レンズ群、L1…第1レンズ、L2…第2レンズ、L3…第3レンズ、L4…第4レンズ、L5…第5レンズ、L6…第6レンズ、L7…第7レンズ、L8…第8レンズ、L9…第9レンズ、L10…第10レンズ、L11…第11レンズ

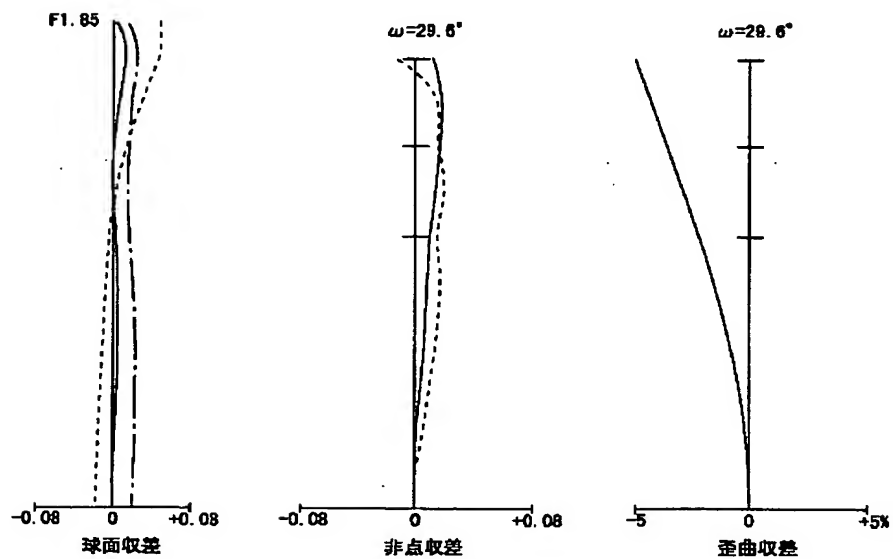
【図1】



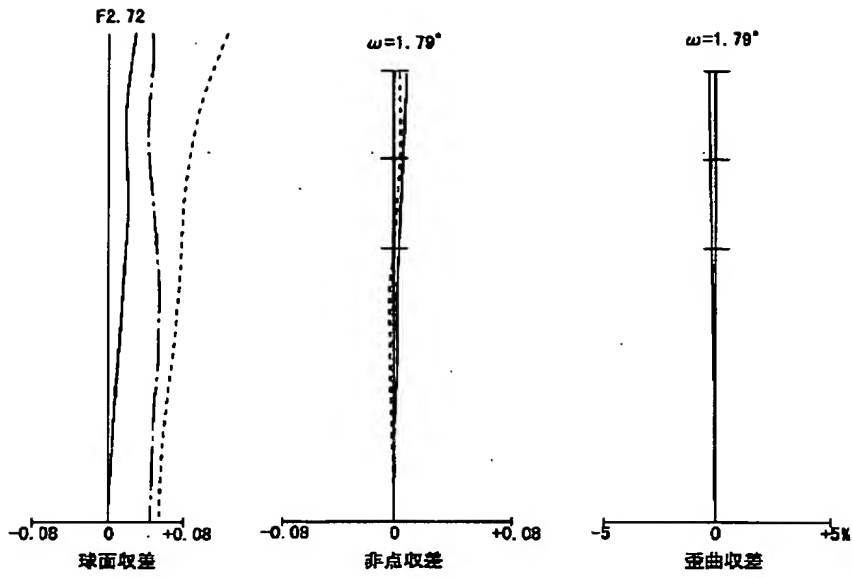
【図2】



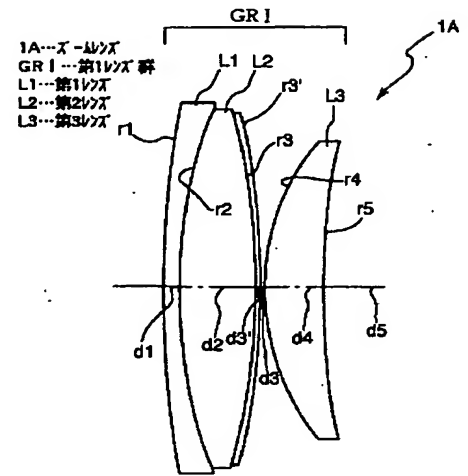
【図3】



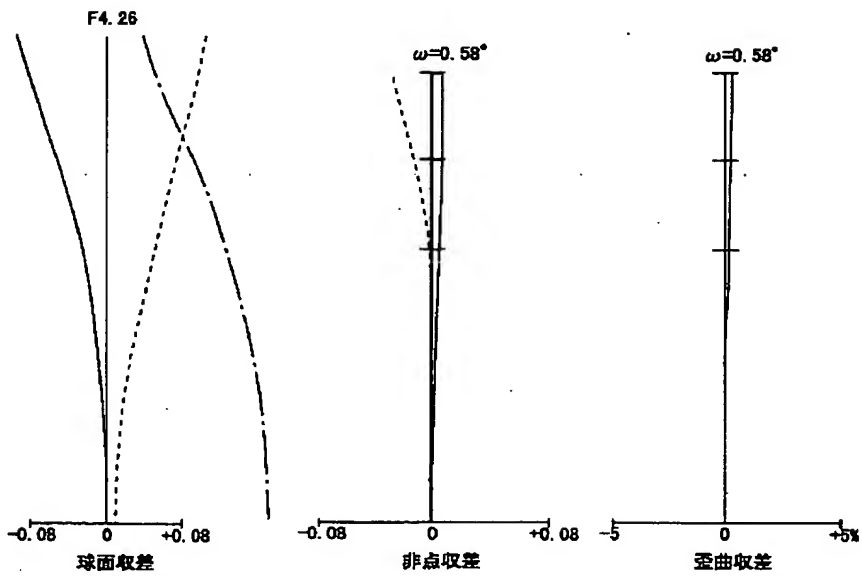
【図4】



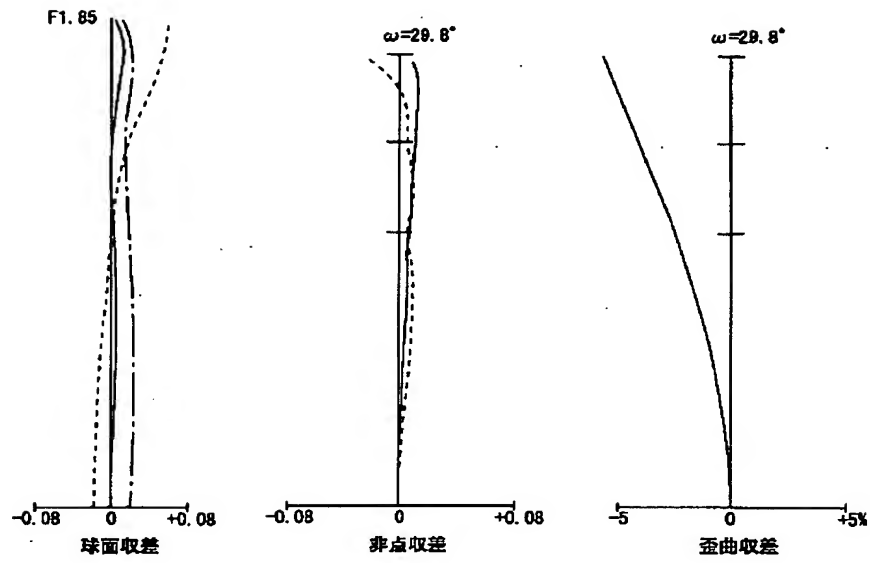
【図6】



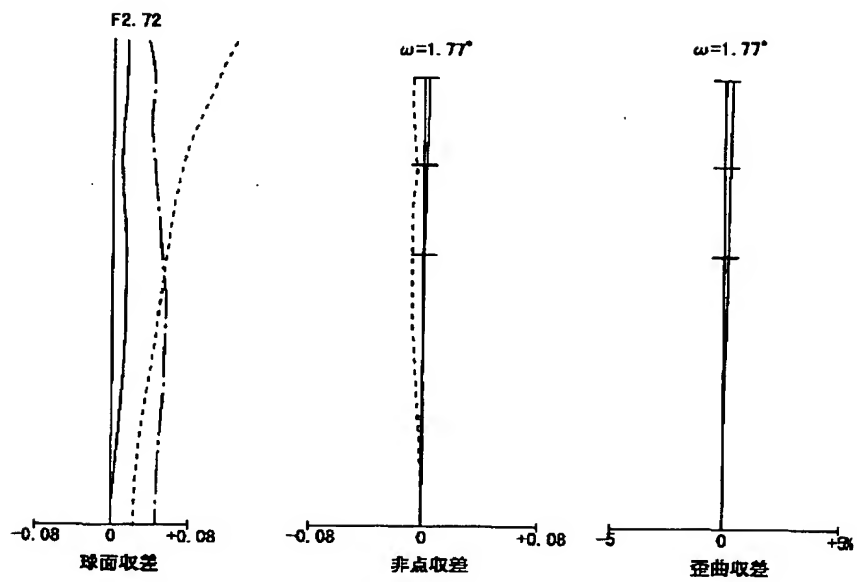
【図5】



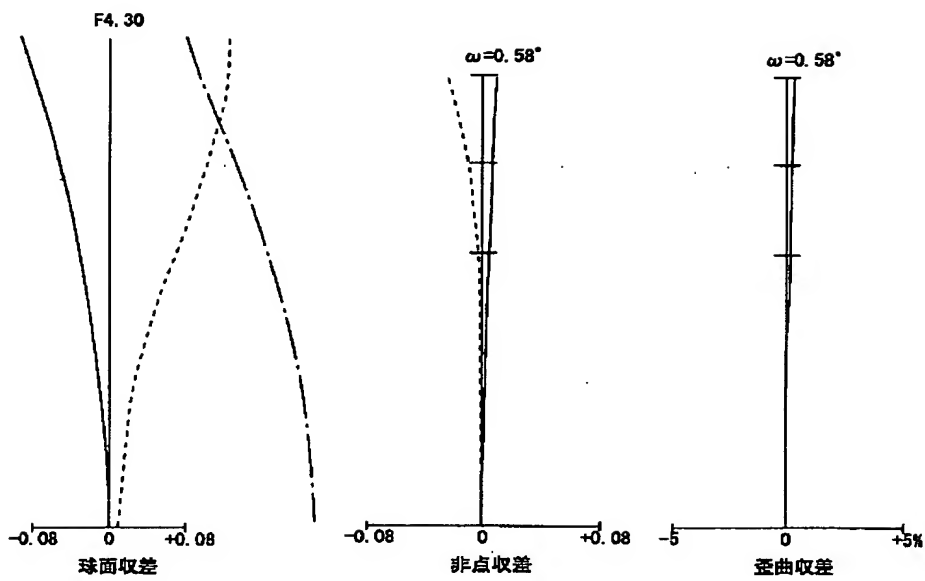
【図 7】



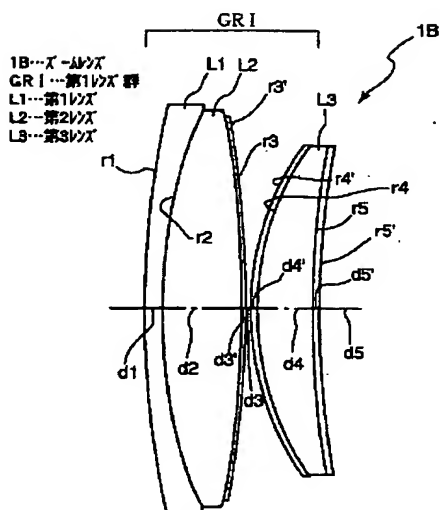
【図 8】



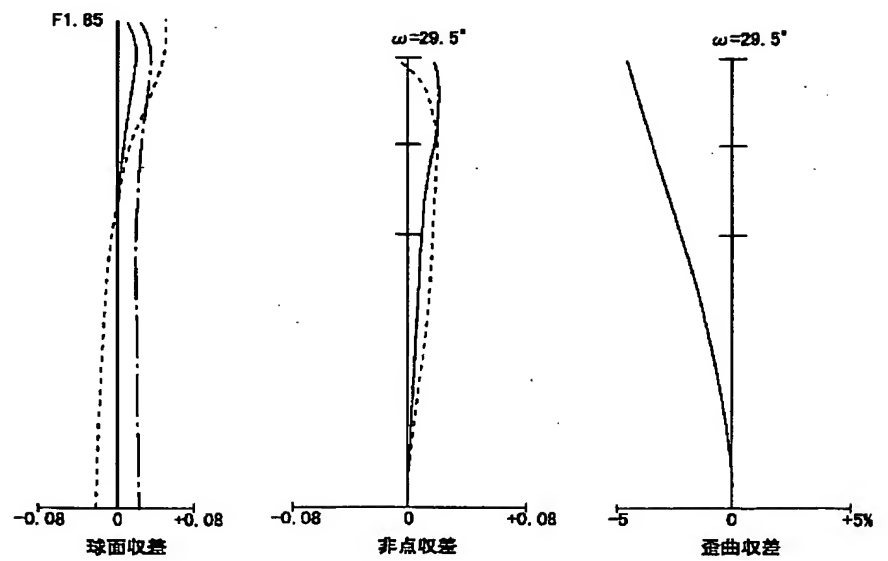
【図 9】



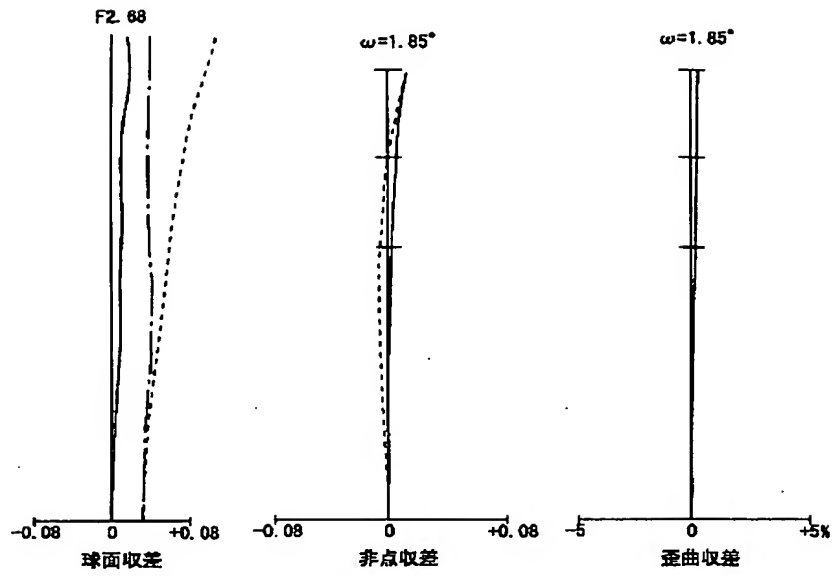
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

